



© 2010 The Authors
© 2010 Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 9 (6), 440 - 445
BLACPMA ISSN 0717 7917

Artículo Original | Original Article

Micrografía analítica de raíces de *Lepidium meyenii* (Brassicaceae)

[Analytical micrography of root from *Lepidium meyenii* (Brassicaceae).]

Graciela BASSOLS¹, Alberto GURNI¹, Marisa RIVAS² y Nilda Dora VIGNALE²

¹Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. ²Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy, S. S. de Jujuy, Argentina.

Abstract

“Maca” (*Lepidium meyenii* Walpers - Brassicaceae-) is used like nutritional and/or medicinal. Its root is consumed as flour and is used in the bread industry. The aim of this work is to determine micrographic characters for botanical quality control of foods derived from vegetables. The roots were analyzed by means of disgregation with Sodium Hydroxide to 5%; reduction to dust; histochemistries reactions; observation with polarized light of starch grains and measurement of the observed elements. Small and polymorphic starch grains and elements of conduction were observed. These micrographic characters are useful for the quality control of commercial samples of “maca” that appear like flours.

Keywords: maca; *Lepidium meyenii*; starch; disgregation; quality control.

Resumen

La “maca” (*Lepidium meyenii* Walpers –Brassicaceae-) se emplea como alimenticia y/o medicinal. Su raíz se consume como harina y se utiliza en la industria panificadora. El objetivo de este trabajo es determinar caracteres micrográficos para control de calidad botánico de alimentos derivados de vegetales. Se analizaron las raíces mediante disociado leve con Hidróxido de Sodio al 5%; reducción a polvo; reacciones histoquímicas; observación con luz polarizada de los granos de almidón y medición de los elementos observados. Se observaron gránulos de almidón pequeños y polimórficos y elementos de conducción. Estos caracteres micrográficos son útiles para el control de calidad de muestras comerciales de “maca” que se presentan en forma de harinas.

Palabras Clave: maca; *Lepidium meyenii*; almidón; disociado leve; control de calidad.

Recibido | Received: 20 de julio de 2010.

Aceptado en versión corregida | Accepted in revised form: 8 de Noviembre de 2010.

Publicado en línea | Published online: 30 de Noviembre de 2010.

Declaración de intereses | Declaration of interests: aportes correspondientes al subsidio otorgado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) a través de FONCYT, al Proyecto CA-PICT 2005 E7 (Proyecto 9-30134).

This article must be cited as: This article must be cited as: Graciela BASSOLS, Alberto GURNI, Marisa RIVAS, Nilda Dora VIGNALE 2010. Micrografía analítica de raíces de *Lepidium meyenii* (Brassicaceae). Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat 9(6): 440 – 445.

*Contactos | Contacts: E-mail address: gbassols@ffyb.uba.ar

INTRODUCCIÓN



Figura 1: raíz de maca

La “maca”, *Lepidium meyenii* Walpers (Brassicaceae), especie nativa de los Andes centrales peruanos, crece a altitudes mayores a los 4100 m.s.n.m y desde la época prehispánica es considerada una especie mágica dentro de los ritos que tanto los incas como sus descendientes realizaban. La parte útil de la planta está representada por la raíz, la que es empleada como recurso alimenticio; pertenece al grupo de alimentos conocidos como nutraceuticos. También es utilizada por su valor medicinal, constituyendo un estimulante de la reproducción en hombres y mujeres (Foto 1).

Posee diferentes nombres vulgares tales como “ginseng peruano”, “macca”, “maca-maca”, “huto-huto” y “maino” (Tapia y Fries, 2007; Wang *et al*, 2007).

En los últimos 20 años el interés en el uso de maca ha aumentado en varias partes del mundo por tratarse de una especie que actúa sobre la fertilidad. Desde el año 2005 es considerada una de los siete productos más exportados del Perú (González *et al*, 2009). También se le atribuyen acciones afrodisíaca, revitalizante, enemagoga (Cicero *et al*, 2001; Ronceros, 2005; Gonzales *et al*, 2006). En general es recomendada para el tratamiento de la desnutrición, la convalecencia, para la pérdida de memoria y para la artritis (Zhang *et al*, 2006; Valentova *et al*, 2008). Actualmente se le han atribuido otras actividades como citostática, antitumoral y antioxidante (Castaño Corredor, 2008; González *et al*, 2009; Obregón Vilches, 1998).

Como alimenticia se usan sus raíces frescas asadas o secas y cocidas, mezcladas con fécula de papa y también para la elaboración de licores y jugos, concentrados, néctar, mermeladas y caramelos.

Se presenta en el comercio de diversas formas, ya sea como harina, la que se obtiene de maca previamente secada al sol y posteriormente sometida a un proceso de micropulverizado, a bajas temperaturas

y no es irradiada, sola o combinada con cereales como avena y en general se ofrece pre-tostada. También se encuentra maca gelatinizada, la que se elabora a partir de maca secada al sol que se gelatiniza con un índice de gelatinización > 97.5%, por lo que se obtiene un producto más asimilable - ya que la gelatinización constituye un proceso especial de cocción - no irradiada, que permite que el producto pueda ser utilizado directamente, es decir, sin requerir un etapa de cocción. Otras formas de presentación al consumidor son: extracto de maca en polvo, extracto de maca deshidratado por atomización, harina en cápsulas, maca gelatinizada en cápsulas o en tabletas y hojuelas de maca pre-cocidas. También se usan las hojas como alimento para el ganado.

Actualmente se ha hecho popular el uso de la harina de maca instantánea como parte del desayuno o merienda, siendo incorporada a la leche, al yogur, a la miel o a jugos, a veces complementada con avena. También se utiliza la harina para elaborar panes, tortas y turrone en forma conjunta con harina de trigo, la que aporta los componentes leudantes necesarios para que la masa leve.

La planta de maca es herbácea, pequeña, de porte arrosado, con una corona de hojas basales. La raíz presenta forma cónica, pudiendo alcanzar hasta 18 cm. de longitud (incluyendo raicillas secundarias) y hasta 6,5 cm. de diámetro. Se describen distintos ecotipos de maca según el color externo de la raíz: amarillo, rojo y morado (son los que más se presentan en el mercado); aunque también se han visto de colores negro, plomo y blanco. Estudios fitoquímicos efectuados en raíz han revelado la presencia de alcaloides imidazólicos (lepidilina A y B) (Cui *et al*, 2003), esteroides (sitosterol, campesterol, ergosterol, brasicasterol), compuestos fenólicos, flavonoides, cumarinas, taninos y saponinas. El análisis del extracto metanólico de la raíz de maca contiene uridina, ácido málico y sus derivados benzólicos, glucosinolatos (glucotropaelina y m-metoxiglucotropaelina) (Piacente *et al*, 2002). También contienen derivados bencilados de 1,2-dihidro-N-hidroxi piridina, llamada macaridina, junto con las alcalamidas benciladas (macamidias), N-bencil-5-oxo-6E,8E-octadecadienamida and N-benzylhexadecanamida, y el ácido ceto acíclico, ácido 5-oxo-6E,8E-octadecadienoico (Muhammad *et al*, 2002).

Desde el punto de vista nutricional resulta interesante destacar que presenta una proporción de proteínas que varía entre 12 al 18 %, con una alta concentración de todos los aminoácidos esenciales; 59 a 76 % de carbohidratos (principalmente fructosa); 0,2

al 2,2 % de grasas (principalmente ácidos grasos insaturados y una alta concentración de ácidos grasos esenciales); presencia de varios tipos de vitaminas (como pro-vitamina A, B1, B2, B6, C, P, D3, niacina) y minerales (como calcio, hierro, zinc, magnesio, cobre, fósforo, potasio, sodio, manganeso, selenio y boro) en concentraciones importantes (Canales et al., 2000; Marín-Bravo, 2003; Rondán-Sanabria y Finardi-Filho, 2009).

Los antecedentes existentes acerca del análisis de la raíz de maca desde el punto de vista histológico revelan su estructura y la presencia de parénquima amilífero, con granos de almidón simple, redondeado a elipsoidal (Marín-Bravo, 2003).

Para certificar calidad botánica de un producto alimenticio o medicinal elaborado con raíz de maca se utilizan los caracteres anatómicos, ya que son los únicos caracteres posibles de visualizar en una observación al microscopio óptico de cualquier producto como harinas o mermeladas, para cuya obtención es necesario someter a la materia prima a un proceso de molienda o de temperatura, respectivamente.

En tal situación, las características anatómicas estructurales reveladas a través del estudio de Marín-Bravo (2003) resultan de aplicación relativa, ya que los diferentes tejidos se desintegran durante el proceso de molienda, permaneciendo solamente evidentes los granos de almidón.

En tal situación es necesario recurrir al auxilio del método micrográfico, que provee las técnicas adecuadas a la naturaleza herbácea o leñosa de órgano vegetal en estudio, cuya aplicación parcial ha sido llevada a cabo por Rivas et al. (2009) y los resultados han sido confrontados en el análisis de muestras de harina de maca pre-tostada procedente de Perú.

El objetivo del presente trabajo consiste en determinar, mediante la aplicación del método micrográfico, los caracteres anatómicos de valor diagnóstico requeridos para efectuar el control de calidad botánico de aquellos productos alimenticios y medicinales elaborados con raíces de maca que se presentan en forma de harina.

De este modo se propone aportar, a los organismos encargados de velar por la calidad botánica alimentaria, de una herramienta metodológica de fácil y rápida aplicación en laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El material vegetal estudiado se encuentra depositado en el Herbario J. A. Domínguez del Museo

de Farmacobotánica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, cuya sigla, según Index Herbariorum es BAF.

Su identificación se realizó mediante el análisis de las características exomorfológicas, con el auxilio metodológico aportado por las claves dicotómicas disponibles en la bibliografía.

También se analizaron raíces de “maca amarilla” obtenidas del mercado de Lima, Perú (foto 1).

Este material ha sido incorporado al Muestrario de Plantas Útiles del Laboratorio de Botánica Sistemática y Etnobotánica de la Cátedra de Botánica Sistemática y Fitogeografía de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNJu), cuya sigla es M-CBSF.

Material estudiado

Lepidium meyenii Walpers PERÚ, Puno, 11/II/2008, Vignale, N. D. y Rossel, J. 957 (BAF); Lima, mercado M-CBSyF N° 72.

Se consultó material existente en el Herbario de la Universidad San Antonio Abad del Cusco, cuya sigla es CUS.

Material consultado

Lepidium meyenii Walpers PERÚ, Puno, Carabaya, Hacienda Lacka, 2/I/1948, Vargas, C. 7011 (CUS)

Método

Las técnicas empleadas fueron:

- a.- disociado leve con Hidróxido de Sodio (NaOH) al 5%: una pequeña porción del material se pone en contacto con la solución acuosa de NaOH y se lleva a ebullición durante 5 minutos, se filtra y el residuo se observa al microscopio (Normas IRAM, 1993);
- b.- reducción a polvo: una pequeña porción del material se raspa con una hoja de afeitar o con una hoja de bisturí obteniéndose polvo el cual es observado (Normas IRAM, 1993);
- c.- reacciones histoquímicas: sobre el polvo obtenido se realiza coloración con solución yodo-iodurada de lugol para observar los granos de almidón (Normas IRAM, 1993);
- d.- observación con luz polarizada de los granos de almidón del polvo;
- e.- medición de los elementos observados: se realiza con el ocular calibrado provisto en el microscopio.

El trabajo fue realizado empleando un Microscopio Trinocular Carl Zeiss, modelo Axiostar Plus. Se registraron las fotomicrografías de los elementos observados utilizando una cámara compacta digital Cannon modelo Powershot A640.

RESULTADOS

El análisis al microscopio óptico del material obtenido como producto de la aplicación del disociado leve evidencia restos de epidermis (foto 2) y elementos de conducción, representados por miembros de vasos espiralados (fotos 3 y 4).



Figura 2 Restos de epidermis
Técnica: disociación leve. Aumento 100x

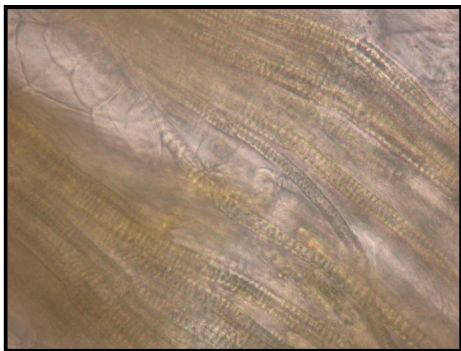


Figura 3. Traqueas
Técnica: disociación leve. Aumento 100x

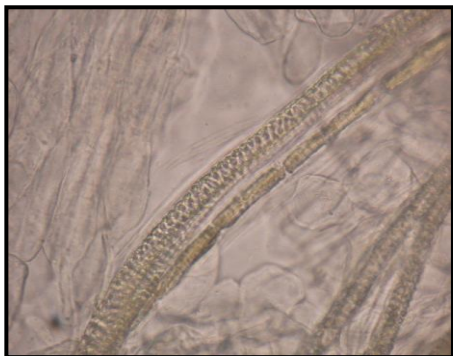


Figura 4. Detalle de las traqueas,
Técnica: disociación leve. Aumento 400x.

En el material sometido a reducción a polvo se visualizaron, también al microscopio óptico, restos de tejido parenquimático de reserva (foto 5) cuyas células

contienen abundantes granos de almidón simples, pequeños y polimórficos; su tamaño es variable y comprende un rango que va de 12,5 a 17,5 micras de largo, con un promedio de 14 micras y de 5 a 10 micras de ancho, con un promedio de 7 micras (fotos 6). Su tamaño pequeño no permite visualizar la posición que adopta el hilio ni la disposición de las estrías.

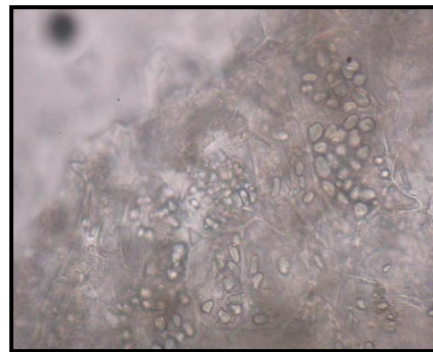


Figura 5. Restos de tejido parenquimático de reserva, -
Técnica: reducción a polvo. Aumento 400x.

Su presencia se confirma mediante la aplicación de la técnica de reacción histoquímica con lugol, ya que se han obtenido los gránulos de almidón teñidos de azul- violáceo, mientras que la observación con luz polarizada aporta otro dato complementario que contribuye en la confirmación de su presencia, ya que resulta evidente la característica cruz de malta indicando la posición del hilio que en este caso es excéntrico (foto 7).



Figura 6. Granos de almidón
Técnica: reducción a polvo. Aumento 400x.

DISCUSIÓN

Los elementos celulares observados como consecuencia de la aplicación del disociado leve sobre material entero o trozado carecen de representación (ya que los restos de epidermis y los restos de tejido de conducción no son exclusivos de esta especie) y por lo tanto no se les puede atribuir valor diagnóstico para el

control de calidad de raíces de maca; además, si la muestra de material problema a analizar es la raíz molida y ofrecida en forma de harina, indudablemente que esta técnica ya no puede ser utilizada puesto que el calor actúa sobre los granos de almidón ocasionando su gelatinización e impidiendo la visualización de los detalles que lo caracterizan, por lo que se descarta su utilización en estas circunstancias.

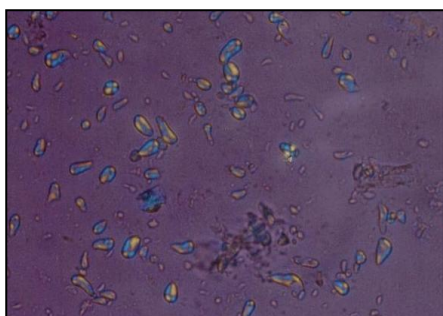


Figura 7. Observación de los granos de almidón con luz polarizada Aumento 400x

Dado que la “maca” se ofrece al público en forma de harina en las diferentes instancias de comercialización formal e informal, resulta evidente que el disociado leve es una práctica que solo podrá llevarse a cabo toda vez que se disponga de la raíz entera o trozada en tamaño suficiente como para aplicar tal técnica.

El raspado o reducción a polvo resulta la técnica apropiada a emplear en las situaciones señaladas, ya que permite detectar con precisión los elementos considerados de valor diagnóstico, como por ejemplo los granos de almidón, cuyo tamaño relativo, morfología y tipo y ubicación del hilio permiten certificar su presencia en muestras comerciales de “maca” que se expenden principalmente en forma de harinas como insumo para productos de panaderías, o formando parte de diferentes suplementos alimentarios.

Se trata de granos de almidón simples, polimórficos, algunos de forma irregular ovoide y otros esféricos cuyo hilio adopta la posición excéntrica y en el que no se perciben las estrías; son pequeños, con un tamaño que varía de 12,5 a 17,5 μm .

La confirmación de su presencia mediante la reacción histoquímica con lugol es sugerida, ya que permite constatar el tamaño y la forma de los granos de almidón, favoreciendo su visualización.

La observación microscópica bajo luz polarizada provee una información más detallada en relación a la organización molecular de los gránulos de

almidón, pero no se la considera una técnica indispensable para los fines de control de calidad botánico, ya que las características observadas mediante las técnicas micrográficas de reducción a polvo y revelado mediante la reacción histoquímica con lugol, permite diferenciarlos claramente de los granos de almidón de otros órganos vegetales empleados también para la fabricación de harinas como maíz, papa, quinua, (Prego et al., 1998; Agama-Acevedo et al., 2005).

CONCLUSIONES

La aplicación de las técnicas de observación de las harinas al microscopio óptico y posterior incorporación de la reacción histoquímica con lugol constituyen las herramientas que permiten, de manera rápida y segura, superar con éxito los controles de calidad botánica de muestras de alimentos cuya materia prima haya sido la raíz de “maca” y que la misma se presente molida en forma de harinas.

De este modo se contribuye aportando las estrategias metodológicas requeridas para permitir garantizar a la sociedad la utilización de productos derivados de esta importante raíz andina con fines alimenticios o medicinales genuinos, es decir, ofreciendo productos de calidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con los aportes correspondientes al subsidio otorgado por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT) a través de FONCYT, al Proyecto CA-PICT 2005 E7 (Proyecto 9-30134).

REFERENCIAS

- Agama-Acevedo E, Ottenhof MA, Farhat IA, Paredes-López O, Ortiz-Cereceres J, Bello-Pérez LA. 2005. Aislamiento y caracterización del almidón de maíces pigmentados. *Agrociencia*. 39: 419 - 429.
- Canales M, Aguilar J, Prada A, Marcelo A, Huamán C, Carbajal Luz. 2000. Evaluación nutricional de *Lepidium meyenii* (MACA) en ratones albinos y su descendencia. *ALAN* 50: 126 - 133.
- Castaño Corredor MP. 2008. Maca (*Lepidium peruvianum* Chacón): composición química y propiedades farmacológicas. *Revista de Fitoterapia* 8: 21 - 28.
- Cicero AFG, Bandieri E, Arletti R. 2001. *Lepidium meyenii* Walp. improves sexual behaviour in male rats independently from its action on spontaneous

- locomotor activity. *J Ethnopharmacol* 75: 225 – 229.
- Cui B, Zheng BL, He K, Zheng QY. 2003 Imidazole alkaloids from *Lepidium meyenii*. *J Nat Prod.* 66: 1101 - 1103.
- Gonzales C, Rubio J, Gasco M, Nieto J, Yucra S, Gonzales GF. 2006. Effect of short-term and long-term treatments with three ecotypes of *Lepidium meyenii* (MACA) on spermatogenesis in rats. *J Ethnopharmacol* 103: 448 – 454.
- Gonzales GF, Gonzales C, Gonzales-Castañeda C. 2009. *Lepidium meyenii* (Maca): a plant from the highlands of Peru--from tradition to science. *Forsch Komplementmed.* 16: 373 - 380.
- Marín- Bravo M. 2003. Histología de la Maca *Lepidium meyenii* Walpers. *Rev. Peru. Biol.* 10: 101 - 108.
- Muhammad I, Zhao J, Dunbar DC, Khan IA. 2002. Constituents of *Lepidium meyenii* 'maca'. *Phytochemistry.* 59: 105 - 110.
- Normas IRAM. 1993. Números 37.500 y 37.504, Buenos Aires.
- Obregón Vilches L. 1998. "Maca" Planta tradicional y nutritiva del Perú. Instituto de Fitoterapia Americano. Lima. Perú. 1era ed. pp182
- Piacente S, Carbone V, Plaza A, Zampelli A, Pizza C. 2002. Investigation of the tuber constituents of maca (*Lepidium meyenii* Walp.). *J Agric Food Chem.* 50: 5621 -5625.
- Prego I, Maldonado S, Otegui M. 1998. Seed Structure and Localization of Reserves in *Chenopodium quinoa*. *Ann. Bot.* 82: 481 - 488.
- Rivas, M. A., Bassols, G., Schimpf, J. H., Gurni, A. A. y Vignale, N. D. 2009. Identificadores micrográficos de interés para el control de calidad botánico de alimentos elaborados con harinas provenientes de cultivos andinos. En: Rafael Borneo, Mirtha Nassetta y Nancy Passalacqua Editores. *Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Avances en Inocuidad y Microbiología. Trabajos completos presentados al III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.* Córdoba, Argentina. Libro II: 170-176. ISBN: 978-987-24620-7-9
- Roncero G, Ramos W, Garmendia F, Arroyo J, Gutiérrez J. 2005. Eficacia de la maca fresca (*Lepidium meyenii* walp) en el incremento del rendimiento físico de deportistas en altura. *An Fac Med Lima.* 66.
- Rondán-Sanabria GG, Finardi-Filho F. 2009. Physical-chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers). *Food Chem.* 114: 492 - 498.
- Tapia ME, Fries AM. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO. Roma. ANPE. Lima.
- Valentova K, Stejskal D, Bartek J, Dvorackova S, Kren V, Ulrichova J, Simanek V. 2008. Maca (*Lepidium meyenii*) and yacón (*Smallanthus sonchifolius*) in combination with silymarin as food supplements: In vivo safety assessment. *Food Chem. Toxicol.* 46: 1006 – 1013.
- Wang Y, Wang Y, McNeil B, Harvey LM. 2007. Maca: An Andean crop with multiparmacological functions. *Food Res. Int.* 40: 783 – 792.
- Zhang Y, Yu L, Ao M, Jin W. 2006. Effect of ethanol extract of *Lepidium meyenii* Walp. on osteoporosis in ovariectomized rat. *J Ethnopharmacol* 105: 274 – 279